

INTEGRASI *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) DAN *LINE OF BALANCE METHOD* (LOB) DALAM PERENCANAAN PROYEK JALAN

Suharman Hamzah

Staf Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil
Universitas Hasanuddin
Jln. Perintis Kemerdekaan Km 10, Makassar 90245
Tlp. (0411) 587636 Fax. (0411) 580505
E-mail: suharmanhz@yahoo.com

Abstrak

Aplikasi metode *Critical Path Method* (CPM) secara luas dalam perencanaan proyek konstruksi disebabkan karena kesederhanaan dan kemudahan penggunaan serta lebih fleksibel dalam hubungannya dengan waktu dan logika. Di sisi lain, metode CPM jika digunakan pada proyek repetitif seperti proyek jalan akan menemui kendala terhadap ketidakmampuan untuk memelihara kontinuitas kerja bagi tenaga kerja dalam proyek. Metode *Line Of Balance* (LOB) yang umumnya digunakan pada proyek repetitif menemui kendala apabila jaringan kerja dan hubungan logika aktivitas yang banyak.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran mengenai perencanaan proyek jalan dengan mengintegrasikan keunggulan-keunggulan dari metode CPM dan LOB dalam hal pemanfaatan waktu tenggang (*float time*) dan perataan sumber daya. Penggunaan waktu tenggang pada proyek jalan akan berdampak pada penggunaan sumber daya secara merata serta akan menghemat biaya proyek.

Penelitian dilakukan dengan studi literatur dan diaplikasikan dengan contoh kasus yang berhubungan dengan perencanaan proyek jalan.

Hasil yang diharapkan dengan penelitian ini adalah pemanfaatan waktu tenggang aktivitas nonkritis pada proyek jalan dan perataan sumber daya proyek. Dengan pemanfaatan waktu tenggang dan perataan sumber daya akan menghemat penggunaan sumber daya dan menyelesaikan proyek tepat waktu.

Kata-kata kunci: CPM, LOB, waktu tenggang, perataan sumber daya

PENDAHULUAN

Perkembangan jasa konstruksi yang makin dinamis menuntut persaingan yang ketat serta tantangan yang makin beragam sebagai konsekuensi dari pergeseran aspek pasar yang lebih selektif terhadap metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang ada. Metode konstruksi menjadi lebih menentukan terhadap metode perencanaan dan pengendalian proyek yang efektif dilakukan sesuai dengan karakter dan jenis proyek yang akan dikerjakan.

Aplikasi metode *Critical Path Method* (CPM) secara luas dalam perencanaan proyek konstruksi disebabkan karena kesederhanaan dan kemudahan penggunaan serta lebih fleksibel dalam hubungannya dengan waktu dan logika. Di sisi lain, metode CPM jika digunakan pada proyek repetitif akan menemui kendala terhadap ketidakmampuan untuk memelihara kontinuitas kerja bagi tenaga kerja dalam proyek. Metode *Line Of Balance* (LOB) yang umumnya digunakan pada proyek repetitif menemui kendala apabila jaringan kerja dan hubungan logika aktivitas yang banyak.

Proyek jalan baik peningkatan jalan maupun pembangunan jalan baru memiliki karakteristik yang khas dimana memiliki aktivitas yang berulang (repetitif) dan serba sama setiap unit ataupun kilometer memungkinkan untuk menggunakan metode CPM dan LOB secara terintegrasi.

Berdasarkan kondisi tersebut maka dilakukan penelitian berupa studi literatur dengan mengintegrasikan metode CPM dan LOB pada perencanaan proyek jalan.

TINJAUAN PUSTAKA

Perencanaan dan pengendalian proyek berulang memiliki kekhasan yang alami dengan menggunakan LOB. LOB akan memberikan gambaran luas dan nyata mengenai status proyek secara keseluruhan dan menampilkan penyelesaian kumulatif menurut banyaknya kumpulan kegiatan dan jumlah rencana yang ada. Ketika terjadi penundaan satu atau lebih aktivitas, dengan metode LOB hal itu tidak akan menunjukkan pengaruh yang besar terhadap tertundanya waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Hal yang menjadi tantangan metode LOB karena didesain untuk model proyek berulang sehingga masih belum cocok untuk digunakan pada proyek dengan jaringan kerja yang kompleks dan banyak cabang. Di samping itu, metode LOB hanya dapat memperlihatkan dengan jelas sejumlah informasi yang terbatas terhadap kemajuan suatu proyek. Metode LOB tidak dapat meramalkan penundaan yang terjadi terhadap waktu penyelesaian proyek total. Ini adalah hasil khusus dari metode CPM.

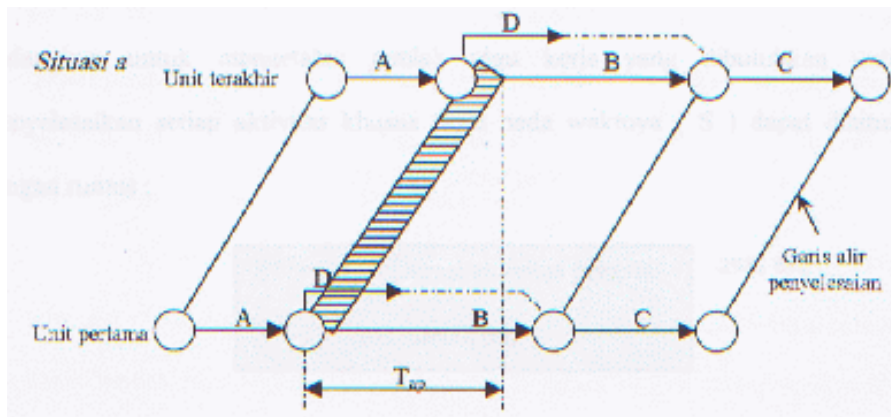
Di sisi lain, metode CPM ditantang oleh ketidakmampuannya untuk bereaksi secara cepat dan tepat terhadap suatu kejadian atau perubahan jaringan kerja dan untuk memelihara kontinuitas kerja. Hal ini disebabkan karena metode CPM tidak diorientasikan untuk menghasilkan kontinuitas kerja dalam aktivitas berulang yang merupakan dasar dari konstruksi atau proyek yang repetitif.

Integrasi CPM dan LOB merupakan metode dengan menggabungkan keunggulan dua metode tersebut dengan penekanan pada alokasi dan perataan tenaga kerja serta pemanfaatan waktu tenggang (float times) dari suatu proyek dihitung dengan CPM dalam LOB dengan harapan hal tersebut akan dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya proyek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum dalam suatu proyek, misalnya proyek jalan, pertanyaan utama dan sangat penting oleh seorang manajer proyek adalah berapa kelompok kerja khusus atau kelompok tenaga kerja yang perlu untuk disediakan dan dialokasikan sehingga proyek dapat selesai tepat waktu. Kelompok kerja khusus atau kelompok tenaga kerja khusus yang dimaksud dapat terdiri dari kelompok pemasang lapis pondasi, kelompok pemasang lapis permukaan dan sebagainya. Oleh karena itu manajer proyek harus mempertimbangkan desain jadwal sebagai jawaban terhadap kebutuhan yang diperlukan dan di sisi lain membuat jadwal sesuai dengan sumber daya yang ada. Pemahaman akan hal tersebut mendorong manajer proyek menggunakan alokasi dan perataan sumber daya dalam mengendalikan proyek sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

Gambar 1 memberikan ilustrasi tentang kondisi yang penting untuk diperhatikan oleh manajer proyek menyangkut hal-hal tersebut di atas.



Gambar 1 Aplikasi LOB pada Proyek

Pada *situasi a* (Gambar 1) memperlihatkan diagram LOB dari satu contoh proyek jalan dimana aktivitas yang terjadi bersifat repetitive (berulang) dengan asumsi proyek dibagi dalam segmen kilometer, dimana setiap kilometer memiliki aktivitas yang sama. Setiap Kilometer mempunyai empat aktivitas, yaitu: A, B, C, dan D. Jaringan kerja khusus dimiliki oleh aktivitas B dan aktivitas D yang berjalan secara bersamaan. Aktivitas D mempunyai waktu tenggang (*float time*) yang digambarkan dengan titik-titik. Diperlihatkan jaringan kerja untuk kilometer pertama, (*first kilometer*) dan kilometer terakhir (*last kilometer*) dari proyek tersebut.

Setiap aktivitas khusus dalam diagram mempunyai durasi yang sama untuk setiap kilometer (kilometer pertama sampai dengan kilometer terakhir) dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \frac{\text{Jumlah Kilometer} - 1}{T_{ap}} \quad (1)$$

dengan:

R = tingkat penyelesaian aktivitas khusus (konstan)

T_{ap} = waktu yang tersedia untuk penyelesaian proyek

Sedangkan untuk mengetahui jumlah kelompok kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap aktivitas khusus tepat pada waktunya (S) dapat dihitung dengan rumus:

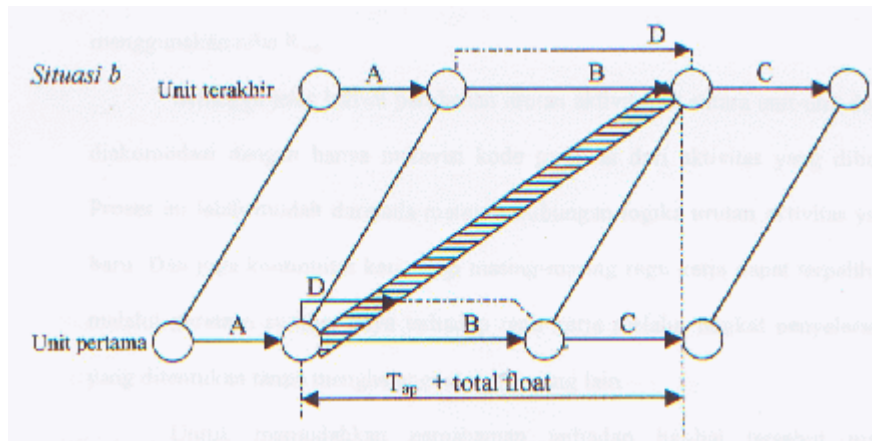
$$\begin{aligned} S &= R \times \text{Durasi aktivitas pekerja} \\ S &\leq \text{Total jumlah kilometer} \end{aligned} \quad (2)$$

Jika semua kejadian awal dari jaringan kerja khusus pada proyek tersebut dihubungkan pada aktivitas permulaan proyek (*project start*) dan juga kejadian akhir pada aktivitas akhir proyek (*project completion*) maka semua jaringan ini akan menjadi sub jaringan dan dapat berpindah di antara aktivitas permulaan proyek dan aktivitas akhir proyek.

Dengan adanya jumlah kelompok kerja yang dibutuhkan untuk masing-masing aktivitas yang dihitung dari persamaan/rumus tadi, maka pada jaringan kerja, kelompok kerja dapat diatur secara bergiliran dengan melakukan alokasi dan perataan sumber daya dari kelompok-kelompok yang berbeda. Urutan aktivitas yang diharapkan dari satu kilometer ke kilometer lain sesuai dengan urutannya dapat dideteksi dengan aturan sederhana dalam perataan sumber daya. Kode prioritas

urutan dapat diberikan pada setiap aktivitas khusus yang akan menggunakan alokasi kelompok kerja yang dibutuhkan sesuai dengan urutan pekerjaan yang diharapkan.

Bagaimanapun beberapa aktivitas dari proyek tersebut memiliki waktu tenggang (*float time*) yang dapat digunakan untuk mengurangi permintaan sumber daya (jumlah kelompok kerja). Aktivitas khusus D dalam proyek mempunyai waktu float. Jika float tersebut digunakan maka progress/kemajuan aktivitas D akan berbentuk jajaran-genjang tanpa mempengaruhi aktivitas lain pada kilometer yang lain, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pemanfaatan Float pada Proyek

Oleh karena itu, durasi penyelesaian aktivitas D pada kilometer pertama sampai dengan penyelesaian aktivitas tipe yang sama pada kilometer terakhir menjadi bertambah dengan menjumlahkan total float aktivitas khusus tersebut yang dihitung dari jaringan kerja. Jadi persamaan umum untuk menghitung waktu yang tersedia untuk menyelesaikan setiap aktivitas (T_{aa}) adalah:

$$T_{aa} = T_{ap} + \text{Total float dari aktivitas} \quad (3)$$

Dengan adanya persamaan tersebut di atas maka konsekuensinya, tingkat penyelesaian minimum dari aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tepat waktu (R_{ma}) adalah:

$$R_{ma} = \frac{\text{Jumlah Kilometer} - 1}{T_{aa}} \quad (4)$$

Aktivitas D mengalami perbedaan dalam tingkat penyelesaian antara perhitungan nilai R dan R_{ma} . Aktivitas lain yang tidak memiliki float pada jaringan kerja menggunakan nilai R. Sedangkan aktivitas yang memiliki float menggunakan nilai R_{ma} . Sehingga jelas bahwa perubahan urutan aktivitas di antara kilometer-kilometer dapat diakomodasi dengan hanya merevisi kode prioritas dari aktivitas yang dibuat. Proses ini lebih mudah daripada merevisi hubungan logika urutan aktivitas yang baru. Dan juga kontinuitas kerja bagi masing-masing kelompok kerja dapat terpelihara melalui perataan sumber daya terhadap dengan tingkat penyelesaian yang ditentukan tanpa menghalangi aktivitas yang lain.

Untuk memudahkan pemahaman terhadap hal-hal tersebut maka dibuatkan tabel dengan data-data sebagai berikut.

- (1) Pada kolom pertama diisi mengenai aktivitas atau kegiatan yang ada dalam proyek tersebut sesuai dengan urutan pelaksanaan pada diagram jaringan kerja yang telah dibuat sebelumnya.
- (2) Pada kolom kedua (D) diisi masing-masing durasi / waktu pelaksanaan yang dibutuhkan untuk melaksanakan atau menyelesaikan setiap aktivitas dalam suatu proyek.
- (3) Pada kolom ketiga (TF) diisi dengan Total Float yang dimiliki oleh tiap aktivitas yang ada.

TF = Waktu selesai paling lambat - waktu mulai paling awal - durasi

$$TF = LFT - EST - D \quad (5)$$

- (4) Pada kolom keempat (T_{aa}) diisi dengan waktu yang tersedia untuk menyelesaikan setiap aktivitas, yaitu waktu yang tersedia untuk menyelesaikan proyek ditambah dengan total float tiap aktivitas.

TF = Waktu selesai paling lambat - waktu mulai paling awal - durasi

$$TF = LFT - EST - D \quad (6)$$

- (5) Pada kolom kelima (R_{ma}) diisi dengan tingkat penyelesaian minimum dari aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tepat waktu, yaitu jumlah kilometer dikurangi 1, kemudian dibagi dengan waktu yang tersedia untuk menyelesaikan setiap aktivitas.

$$R_{ma} = \frac{\text{Jumlah Kilometer} - 1}{\text{Waktu yang tersedia untuk menyelesaikan setiap aktivitas}}$$

$$R_{ma} = \frac{N-1}{T_{aa}} \quad (7)$$

- (6) Pada kolom keenam (S_{ma}) diisi dengan jumlah minimum kelompok kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap aktivitas tepat waktu, yaitu durasi waktu pelaksanaan tiap aktivitas dikalikan tingkat penyelesaian minimum dari aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tepat waktu.

$S_{ma} = \text{Durasi} \times \text{Tingkat Penyelesaian minimum dari aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tepat waktu}$

$$S_{ma} = D \times R_{ma} \quad (8)$$

- (7) Pada kolom terakhir (SD) diisi dengan sumber daya yang tersedia yang akan dipergunakan pada proyek, dimana nilai tersebut didapatkan dari pembulatan nilai pada kolom keenam.

Jika dimisalkan sebuah proyek dengan jaringan kerja seperti gambar 2, dimana jaringan kerja memiliki empat aktivitas dengan durasi (i) kegiatan A 3 hari, (ii) kegiatan B 8 hari, (iii) kegiatan C 6 hari, dan (iv) kegiatan D 3 hari. Direncanakan untuk membangun 10 kilometer jalan dalam waktu 28 hari. Hanya subjaringan kilometer pertama dan kilometer ke-10 yang diperlihatkan sebagai penjelasan.

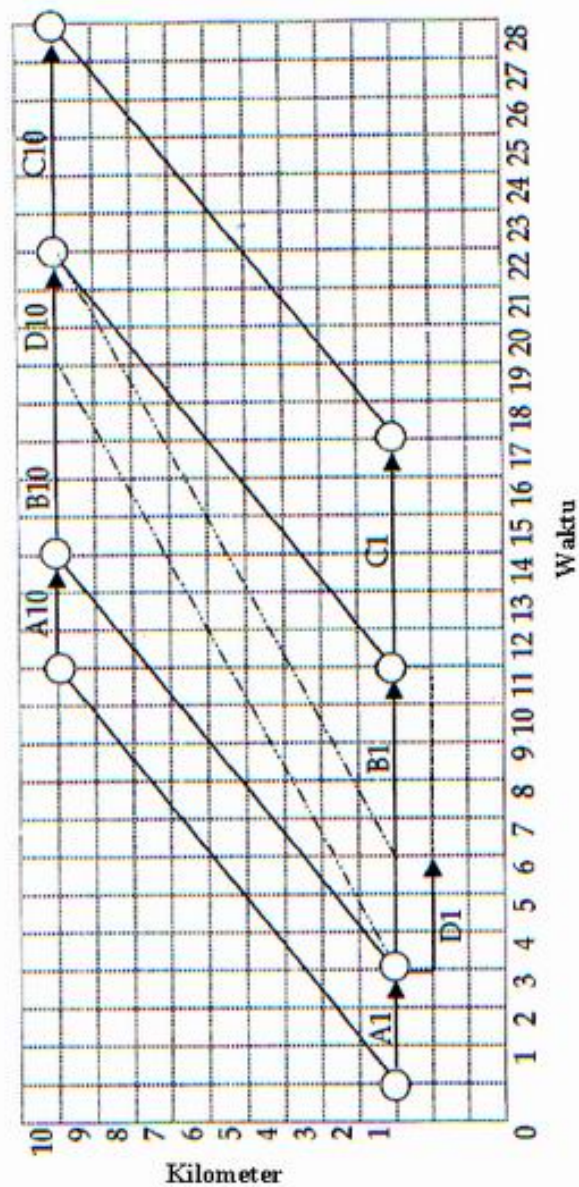
Dari contoh kasus di atas, dapat dianalisa dan diperoleh tabel perhitungan kebutuhan tenaga kerja, sebagai contoh dapat dilihat pada Tabel 1. Dalam contoh ini manfaat dan penggunaan total float pada aktivitas D akan menentukan waktu proyek dan membuatnya selesai tepat 28 hari. Sebagai catatan, jika total float dari aktivitas D tidak dimanfaatkan maka permintaan kebutuhan sumber daya akan lebih tinggi dan hal itu tidak perlu dilakukan karena bila disediakan juga tidak akan membuat proyek selesai lebih cepat.

Tabel 1 Kebutuhan Sumber Daya

Aktivitas	D	TF	T _{aa}	R _{ma}	S _{ma}	SD
A	3	0	11	0,8181	2,4543	3
B	8	0	11	0,8181	6,5448	7
C	6	0	11	0,8181	4,9086	5
D	3	5	16	0,5625	1,6875	2

Catatan:

T_{ap} = Target waktu penyelesaian proyek - waktu selesai paling awal kilometer pertama
 = 28 - 17 = 11 hari



Gambar 3 Diagram LOB dengan *Total Float* Aktivitas D

Apabila *Total Float* (TF) tidak digunakan maka akan diperoleh hasil sebagai berikut.

$$T_{aa} \text{ aktivitas D} = 11 + 0 = 11 \text{ hari}$$

$$R_{ma} \text{ aktivitas D} = \frac{(10-1)}{11} = 0,8181$$

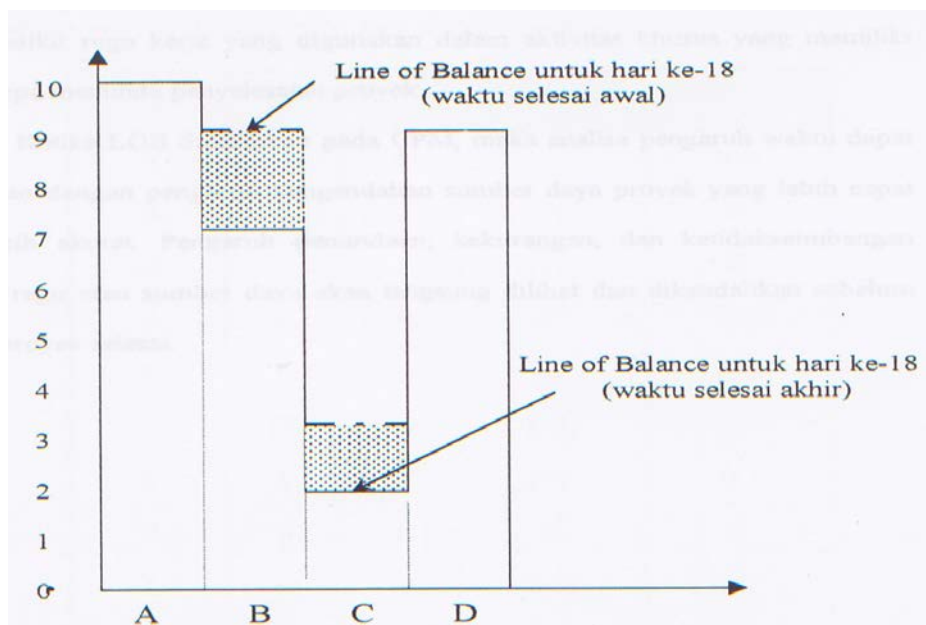
$$S_{ma} \text{ aktivitas D} = 0,8181 \times 3 = 2,4543$$

$$SD \text{ aktivitas D} = \text{pembulatan } 2,4543 = 3$$

Jadi, jika dilihat dan dibandingkan, dapat disimpulkan bahwa dengan memanfaatkan *total float* yang ada pada proyek akan menghemat penggunaan sumber daya. Sementara, jika tidak memanfaatkan *total float* maka permintaan sumber daya akan lebih tinggi, dan tidak penting karena bila disediakan juga tidak akan membuat proyek selesai lebih cepat.

Pemanfaatan *total float* pada aktivitas nonkritik digunakan untuk menguraikan pekerjaan dengan waktu yang lebih lama dan mengurangi permintaan terhadap tenaga kerja yang dibutuhkan secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3.

Selanjutnya jika diinginkan untuk memperlihatkan garis keseimbangan untuk waktu yang berubah-ubah garis keseimbangan pada hari tertentu misalnya hari ke-18, maka dapat dibuat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 CPM/LOB Chart pada Hari Ke-18

Pada Gambar 4 tampak dengan jelas masing-masing kegiatan dibedakan antara yang menggunakan garis tebal dan garis berupa titik-titik. Garis tebal menunjukkan aktivitas/pekerjaan yang telah dilaksanakan pada kilometer pekerjaan, dan garis titik-titik memberikan jumlah penyelesaian melewati batas yang diizinkan dimana waktu penyelesaian proyek akan tertunda.

Dengan adanya penggunaan atau pemanfaatan float dalam LOB maka akan banyak garis keseimbangan di antara awal dan akhir waktu kegiatan, serta lebih sedikit kelompok kerja yang digunakan dalam aktivitas khusus yang memiliki float tanpa menunda penyelesaian proyek.

Ketika LOB didasarkan pada CPM, maka analisis pengaruh waktu dapat dilakukan dengan pengaruh pengendalian sumber daya proyek yang lebih cepat dan lebih akurat. Pengaruh penundaan, kekurangan, dan ketidakseimbangan jumlah kelompok atau sumber daya akan langsung dilihat dan dikendalikan sebelum waktu proyek selesai.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan metode CPM dan LOB secara terintegrasi dalam proyek repetitif seperti proyek jalan akan memungkinkan mengalokasikan dan melakukan perataan sumber daya proyek secara efektif serta menjaga kontinuitas kerja pada aktivitas yang nonkritis. Pemanfaatan waktu tenggang (*float times*) akan menghemat penggunaan sumber daya dan membuat proyek selesai tepat waktu. Hal ini akan berdampak pada peningkatan produktivitas proyek dan minimalisasi biaya proyek.

Penelitian yang dilakukan masih sebatas tinjauan teoritis sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat lebih mengarah pada pelaksanaan proyek di lapangan. Oleh penulis sendiri, penelitian ini sementara diujicobakan untuk aplikasi proyek perencanaan jalan di Sulawesi Selatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Sdr. Cynta Widiyarsari atas bantuannya dalam proses penyusunan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Fisk, Edward R. 2000. *Construction Project Administration* (6th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Pilcher, R. 1996. *Principles Of Construction Management* (3rd ed.). England: McGraw Hill.
- Suhail, S.A. & Neale, R.H. 1994. CPM/LOB: New Methodology to Integrate CPM and LOB. *Journal of Construction Engineering and Management*, 12 (3). ASCE.
- Wang, H.W. & Hwang, Y.C. 1998. Controlling Activity Interval Times In LOB Scheduling. *Journal of Construction Management and Economics*, 16. ASCE.